

명령 코드 충족 알고리즘을 이용한 무선인식 시스템의 데이터 충돌 방지에 관한 연구

정회원 강민수*, 이동선*, 이기서**

A study on the Anti-Collision of RFID system using Instruction Code Sufficiency

Min-Soo Kang*, Dong-Sun Lee*, Key-Seo Lee** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 단일 채널에서 동작하는 무선인식 시스템에서 다수의 트랜스폰더가 접근할 때 데이터 충돌을 방지할 수 있는 명령 코드 충족 알고리즘을 제안하였다. 기존에 사용되고 있는 시간 영역 방법에서는 무조건 충돌을 발생 시키지만, 명령 코드 충족 알고리즘은 명령 코드를 충족해야만 데이터를 송신할 수 있게 구현함으로써 데이터 충돌을 방지하였다. 만약 트랜스폰더에서 데이터를 송신하는 중 또 다른 트랜스폰더가 데이터를 송신한다면 인식거리의 차이에 의해서 데이터 도착속도가 틀려짐을 이용하여 원하는 데이터만 수신할 수 있게 하였다. 제안된 명령 코드 충족 알고리즘을 적용하기 위하여 13.56MHz대역의 무선인식 시스템을 제작하여 1비트 데이터 전송 시간인 14μs 차이를 확보함으로써 데이터 충돌 방지하고 그로인한 데이터 손실이 방지됨을 실험을 통하여 입증하였다.

Key Words :RFID; Anti-collision; False Rejection

ABSTRACT

This paper suggests an instruction code sufficiency algorithm preventing data collision when multiple transponders attempt to connect in the radio frequency identification system. Conventional time domain procedure generates unconditional collision. On the other hand, this algorithm prevents data collision by transmitting data when it meets instruction code. When multiple transponders are transmitting data coincidentally, they exploit desired data with using difference of arrival time generated by recognition distance, respectively. As a result of simulation, utilizing the wireless recognition system, adopting the suggested algorithm, operating in 13.56MHz frequency band, it verify that there is Anti-collision and data loss by ensuring transmission time difference of one bit by adopting this algorithm.

I. 서론

현대 산업에서 활발히 적용되고 있는 무선인식 시스템은 단순 비접촉 인식에서 벗어나 다수의 트랜스폰더를 인식하고자 하는 연구가 진행되기 시작하였다. 이미 영국의 BTG사의 Peter Hawkes는 이진 트리 검색 알고리즘을 적용하여 다중 트랜스폰

더를 인식하기 위한 방법을 제안 하였으며, 2001년 스페인의 Las Palmas de Gran Canaria 대학의 P.Hernandez는 충돌방지(Anti-collision) 프로토콜에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다^{[1][6]}. 또한 미국의 MIT 공대의 자동인식(Auto-ID)연구소는 고속으로 이동하는 트랜스폰더의 판별과 시간 영역에서 데이터 충돌에 대한 연구가 계속해서 진행 중

*광운대학교 제어계측공학과, 시스템 공학 연구실(failsafe@explore.kwangwoon.ac.kr)

**광운대학교 정보제어공학과(keyslee@daisy.kwangwoon.ac.kr)

논문번호:020496-1119, 접수일자: 2002년 11월 19일

※본 연구는 2002년도 광운대학교 학내학술 연구비에 의하여 수행되었습니다.

에 있다. 기존의 데이터 충돌을 방지하는 방법은 주파수영역(Frequency domain), 공간영역(Spatial domain), 시간영역(Time domain) 충돌방지 방법을 사용하고 있다^{[2][6]}. 단일 채널에서 데이터간 충돌을 방지하는 일반적인 방법이 시간영역 방법인데, 이 방법은 리더에 의해 제어 되는 방법과 트랜스폰더에 의해 제어되는 방법이 있는데 Peter. Hwakes는 리더의 인식 영역에 존재하는 모든 트랜스폰더를 진입하는 트랜스폰더의 순서대로 그룹으로 나누어 무조건 충돌을 발생시켜 충돌된 트랜스폰더의 데이터를 재 전송하기 때문에 충돌을 방지하기 보다는 충돌을 발생시킴으로써 트랜스폰더를 인식한다. 그 이유는 충돌로 인한 데이터의 오류 비트를 줄이기 위하여 전송되는 데이터를 정렬해야만 한다. 그래서 접근하는 트랜스폰더가 동시에 리더로 데이터를 전송해야만 오류비트의 개수를 최소화 시킬 수 있다. 그 결과 인식할 수 있는 트랜스폰더의 개수는 재 전송되는 데이터를 수신하는 시간이 배증되기 때문에 한정적이다. 따라서 효율적인 데이터 충돌방지 방법을 구현하기 위하여 데이터 충돌이 발생하는 조건을 분석해야 하며, 이 조건은 다수의 트랜스폰더가 리더의 영역에 진입할 때 데이터를 송신할 트랜스폰더와 주위의 트랜스폰더간에 접근 시간이 최소 $14\mu s$ 이상이면 충돌을 방지할 수 있다. 그렇다면 충돌이 발생할 경우는 트랜스폰더 진입시간이 $14\mu s$ 이하인 경우가 되는데, 이 경우는 중첩의 경우이며, 실생활에서 발생하지 않을 특별한 경우가 되겠다. 결국 트랜스폰더간에 $14\mu s$ 차이의 명령 코드 충돌 알고리즘을 제시하여 충돌을 방지함으로써 데이터손실을 방지 할 수 있으며, 인식할 수 있는 트랜스폰더의 수량이 증가 할 수 있다. 그러나 기존의 트랜스폰더가 데이터를 전송 중에 또다른 트랜스폰더가 데이터를 전송할 경우 데이터 충돌이 발생할 것이다. 이때 데이터 도착 시점이 상이 할 것 이므로 도착 시점에 따른 데이터를 분리하여 원하는 데이터만을 추출하여 데이터 손실을 방지 할 수 있게 실험 시스템을 제작하여 명령 코드 충돌 알고리즘을 적용하였다^[4].

II. 데이터 충돌

데이터 충돌은 리더의 인식 영역으로 다수의 트랜스폰더가 진입하여 데이터를 전송할 때 발생한다. 그러나 트랜스폰더가 리더의 인식 영역에 존재한다고 해서 데이터 충돌이 발생하지는 않는다. 데이터

충돌이 발생할 조건은 어떤 트랜스폰더가 리더의 인식 영역으로 접근하여 데이터를 리더로 전송할 때 또 다른 트랜스폰더가 데이터를 전송할 때 만 충돌이 발생하게 된다. 따라서 데이터 충돌이 발생할 경우를 그림 1에 나타내었다.

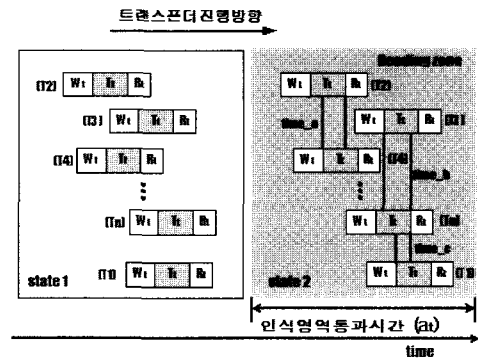


그림 1 데이터 충돌의 경우

그림 1의 W_t 는 트랜스폰더가 리더로 데이터를 전송한 후 어떤 상황에 대하여 리더의 명령을 기다리는 시간이며, T_t 는 트랜스폰더에서 리더로 데이터를 전송하는 시간, 그리고 R_t 는 리더에서 트랜스폰더로 데이터를 전송하는 시간이다. "state 1"에서는 n개의 트랜스폰더가 리더의 인식 영역으로 진입하기 전에 이동하는 속도가 서로 다르게 진행하여 "state 2"의 리더의 인식 영역으로 진입하게 된다. 여러 개의 트랜스폰더들 중에서 T1이 데이터를 송신하고 있는 중에 Tn 이 데이터를 송신할 때 time_c 만큼의 시간 차이 때문에 데이터 충돌이 발생하며 T3와도 충돌이 발생한다. 또한 T2와 T4 역시 데이터 충돌이 발생하게 된다.

1. 시간영역의 데이터 충돌

일반적으로 단일 채널에서 데이터 충돌을 방지하는 방법은 시간영역에 의한 방법을 사용하고 있다. 시간영역에 의한 방법은 트랜스폰더에 의해 제어되는 방법과 리더에 의해 제어되는 방법으로 나눌 수 있다. 트랜스폰더에서 제어하는 방법은 데이터 전송이 순차적으로 전송되어야 하고 비동기적이어서 리더에 의해 제어되는 방법보다 비효율 적이다. 리더에 의해 제어되는 방법은 Peter. Hawkes는 이진 트리 검색 알고리즘을 제안하였다. 이 방법은 충돌을 예상하고도 충돌을 회피하지는 않는다. 즉, 리더의 인식 영역으로 접근하는 트랜스폰더를 특정 시간을 고려하여 접근된 순서대로 그룹화하여, 인위적으로

충돌을 발생 시킨다. 왜냐하면 서로 다른 시간에 데이터를 전송하면 도착되는 데이터의 오류 확률이 높기 때문에 동시에 데이터를 전송받아야 한다. 그림 2는 에러비트 위치 검색을 나타내었다.

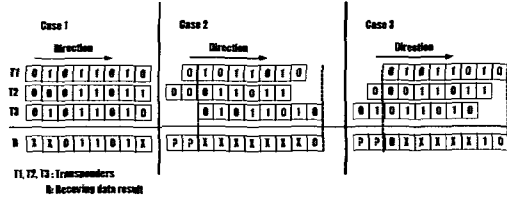


그림 2 에러비트 위치 검색

그림 2에서는 에러비트 위치를 검색하기 위하여 NRZ 등 여러 가지 코딩방법을 사용하는데 그 중 효율이 좋은 맨체스터 코딩의 예를 나타내었다. "case1"은 3개의 트랜스폰더가 동시에 데이터를 전송했을 때 3개의 비트에서 오류가 발생했다. 그러나 "case2, case3"에서는 서로다른 시간에 데이터를 전송하기 때문에 정상적인 데이터 비트보다 더 많은 데이터를 에러로 인식하게 된다. 따라서 송신하는 데이터가 서로 다른 시간에 데이터를 전송한다면 에러비트를 검색하는 시간이 더욱 더 증가할 것이다. 또한 3개의 비트가 오류로 판명 났기 때문에 이진 트리 검색 알고리즘을 선택하여 재송신을 할 경우 최소 3번을 송수신 해야 함으로 그만큼 시간적 손실이 발생하게 된다. 따라서 다수의 트랜스폰더가 리더의 인식 영역내에 있을 경우 데이터 충돌의 조건을 파악하고 데이터 충돌을 방지하는 것이 시간적인 손실을 방지하고 그에 따른 트랜스폰더의 인식 수량도 증가하게 될 것이다. 결국 충돌방지가 아니라 정확한 에러비트의 위치를 검색하기 위하여 인위적으로 충돌을 발생시켜 데이터 손실을 방지하는 방법이라고 할 수 있다.

2. 데이터 충돌의 수학적 모델링

다수의 트랜스폰더가 리더의 인식 영역으로 접근했다 하더라도 데이터 충돌이 발생하지 않을 수 있다. 그래서 스페인의 Las Palmas de Gran Canaria 대학의 P.Hernandez는 한정된 시간내에 지속적인 데이터 충돌이 발생하는 트랜스폰더만을 제외하여 나머지 트랜스폰더를 인식하는 프로토콜을 제안 하였다. 이 방법은 리더의 인식 영역 내에서 여러 개의 트랜스폰더가 진입하더라도 충돌이 발생하지 않도록 하는것이다. 그림 3은 동일한 주파수 대역에서 여러 개의 트랜스폰더가 진입하여 특정

트랜스폰더가 지속적인 충돌로 다른 트랜스폰더에 영향을 미칠 경우 이를 무시하고 다른 트랜스폰더의 데이터를 수신하는 방법을 나타내었다.

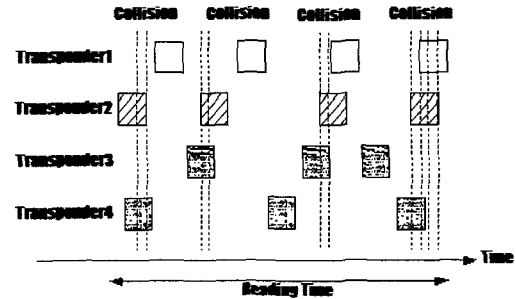


그림 3 트랜스폰더 2의 결함 거절

그림 3에서 다중의 트랜스폰더가 리더의 인식 영역으로 진입 했을 때 트랜스폰더 2만 없다면 나머지 트랜스폰더들은 데이터 충돌이 발생하지 않을 것이다. 그러나 트랜스폰더 2의 존재로 나머지 트랜스폰더와 충돌이 발생하게 된다. 따라서 트랜스폰더 2의 존재를 무시하는 결함 거절(Fault rejection)을 하게 된다. 따라서 트랜스폰더 2가 없으므로 나머지 트랜스폰더는 충돌이 발생되지 않고 안전하게 리더로 데이터를 전송하게 된다. 이를 확률로 나타내었다. 충돌이 일어날 확률은 트랜스폰더가 리더의 인식 영역의 한 시점에서 분석하였으며 모든 트랜스폰더는 같은 거리에 있다고 가정한다. 따라서 N개의 트랜스폰더가 인식하는 시간과 충돌이 일어날 트랜스폰더 최소 2개의 데이터 전송이 독립적이라고 정의하면 충돌이 발생할 확률은 식 1과 같다.[1]

$$P_c = 1 - [P(t > 2T_0)]^{N-1} = 1 - e^{-2\lambda T_0(N-1)} \quad (1)$$

λ = 모든 트랜스폰더의 확률변수

T_0 = 데이터 전송시간

t = 트랜스폰더

충돌이 발생할 확률에서 임의의 트랜스폰더들의 충돌확률은 트랜스폰더가 데이터(T_0)를 보내는 중이거나 트랜스폰더가 데이터를 보내기 시작할 때 또 다른 트랜스폰더(j)가 전송을 시작하면 충돌이 일어난다. 그래서 각각의 트랜스폰더들을 $2T_0$ 의 충돌 영역을 갖는다고 정의 한다. 따라서 동일한 시간에 지속적인 충돌을 발생시키는 임의의 트랜스폰더의 결함 거절 P_{fr} 에 대하여 알아보면 식 2와 같다.

$$\begin{aligned}
 P_{fr} &= (1 - P_c) \sum_{i=0}^{\infty} P(> t_a - iT_0)(P_c)^{i-1} \\
 &= (1 - P_c) \sum_{i=0}^{\infty} \left(\sum_{j=0}^{i-1} \frac{e^{-\lambda(t_a - jT_0)} \cdot [\lambda(t_a - jT_0)]^j}{j!} \right) (P_c)^{i-1}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

t_a = reading time

로 표현 할 수 있다. 그 결과 리더에서 데이터를 읽는 시간을 고려하면 데이터 충돌을 방지 할 수 있으며 트랜스폰더가 인식 영역에 한정된 트랜스폰더만 접근할 수 있게 인식 영역을 축소하게 되면 트랜스폰더 간에 데이터 충돌을 방지 할 수 있다.

III. 데이터 충돌 방지

무선인식 시스템에서 데이터 충돌은 동일한 주파수영역에서 여러 개의 트랜스폰더가 리더로 데이터를 송신할 때 발생한다. 이는 리더의 영역으로 다수의 트랜스폰더가 진입했을 경우와 데이터를 전송했을 경우로 구분된다. 왜냐하면 다수의 트랜스폰더가 리더의 영역으로 접근했다고 해서 충돌이 발생하는 않기 때문이다. 그림 4는 기존에 사용되고 있는 충돌 방지 방법의 종류를 나타내었다.

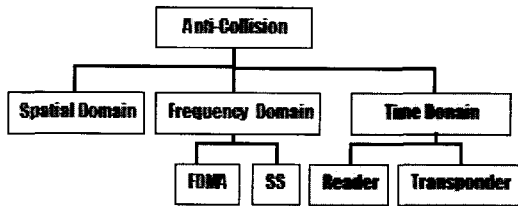


그림 4 충돌 방지 방법의 분류

충돌을 방지하기 위한 방법은 크게 3가지로 구분한다. 이들 중 공간 영역에서의 충돌방지는 공간상의 제약과 트랜스폰더의 데이터를 모두 내장하고 있어야 한다. 그리고 주파수 영역 충돌방지 방법은 일반 이동통신에서 사용하고 있는 방법과 유사한 형태를 가진다. 이 방법은 크게 2가지로 구분할 수 있는데, 주파수 분할 다중 접근(Frequency Divide Multiple Access)방식과 확산 스펙트럼(Spread Spectrum)방식을 이용한 방법이다. 먼저 주파수 분할 다중 접근 방식은 원하는 신호의 대역폭 만큼 전체 대역폭을 분할 하여 사용하며 인접 채널간에 간섭을 방지하기 위해서 보호 대역이 필요하고 데이터 송수신시 FDD(Freq. Division Duplex)가 필요하며, 구현이 어렵고 약 3dB의 손실이 발생하는

다. 그리고 주파수 이용효율에 한계성으로 사용하는 트랜스폰더의 수량이 적다. 두번째로 확산 스펙트럼 방식은 코드 분할 다중 접근(Code Divide Multiple Access)방식과 같은 원리로 독립적인 코드화가 가능하고 여러 가지 방법을 동원하여 대역폭을 넓히거나 중심 주파수를 이동하여 사용하지만, 하드웨어가 복잡하다는 것이 단점으로 지적되고 있다. 그리고 시간 영역 방법은 리더와 트랜스폰더에서 제어하는 방법을 사용하며 트랜스폰더에 의한 방법은 비동기적이고 순차적으로 접근해야 하는 단점을 가지고 있는 반면 리더에 의한 방법은 동기적으로 동작하고 무작위로 접근 할 경우에 데이터 손실을 방지할 수 있다. 그러나 시간적인 여분이 있어야만 효과적이므로 실제로 이 방법에 대하여 보완하는 추세이다.

IV. 명령 데이터 충돌 알고리즘

데이터 충돌은 트랜스폰더 상호간의 간섭을 유발시켜 리더가 두개 이상의 트랜스폰더를 읽지 못하거나 오류 데이터를 전송하여 잘못된 정보를 전달하는 등 데이터의 손실을 초래하게 된다. 그래서 기존의 단일 채널에서 사용하는 충돌 방지 방법인 시간 영역의 충돌방지 방법은 무조건 데이터 충돌을 발생 시킨 후 수신된 데이터의 오류 비트를 분석하여 해당되는 트랜스폰더를 검색하여 재 전송함으로써 데이터 손실을 방지할 수 있다. 그러나 재 전송해야 하기 때문에 시간적으로 비효율적이며, 심지어 재 전송의 과정을 처리하기 전에 리더의 인식 영역을 통과 한다면 오히려 데이터 손실을 유발할 수 있다.

데이터 충돌은 트랜스폰더가 리더의 인식 영역에 존재한다고 해서 발생하는 것은 아니다. 그래서 데이터 충돌이 발생할 조건과 그렇지 않을 조건에 대하여 열거 하였다.

- 충돌이 발생할 경우

1. 이동하는 트랜스폰더의 속도가 같고 인식 영역에 도달하여 리더로 데이터 송신 시점이 같을 경우.
 2. 이동하는 트랜스폰더의 속도가 다르고 인식 영역에서 리더로부터 데이터 송신 시점이 같을 경우.
- “1”의 경우는 트랜스폰더 특성 중 데이터 송수신 시간이 최소 14μs 이상 차이가 나지 않아야 하고 노이즈로 인한 영향조차도 동일해야 할 특별한 상황이다. 그리고 “2”의 경우는 동시에 같은 위치에서

14 μ s 의 차이도 없이 존재하는 상황인데 이 또한 일반적인 상황은 아니다. 다음에 충돌 방지가 가능한 경우를 나타내었다.

- 충돌 방지가 가능한 경우

1. 트랜스폰더의 이동하는 속도가 같고 인식영역에 도달하는 시점이 14 μ s 이상 차이가 발생 할 경우.
2. 트랜스폰더의 이동하는 속도가 다르고 인식 영역에 도달 할 때 1회는 충돌이 발생할 가능성이 있지만 14 μ s 이후에 리더의 데이터를 재송신 할 경우.
3. 데이터를 완전히 전송한 트랜스폰더는 더 이상 리더에게 데이터를 송신 하지 않게 처리.

1, 2, 3의 경우 충돌은 방지 될 수 있다. 여기서 14 μ s 는 1 비트의 전송 속도이며 리더의 명령코드 수신 시 1비트라도 수신이 되지 않으면 에러로 처리되기 때문에 재 전송을 기다려야 한다. 그래서 여러 개의 트랜스폰더 중 먼저 접근한 트랜스폰더가 리더의 명령코드를 모두 수신했다면 리더의 명령에 따라 데이터를 송신 할 수 있다. 이때 다른 트랜스폰더들은 리더의 명령코드를 수신하지 못했기 때문에 리더로 데이터를 송신하지 못한다. 그러나 [충돌 방지가 가능한 경우]를 만족하지 못한다면 데이터 충돌은 발생될 것이다. 만약 데이터 충돌이 발생한다면, 단 1회가 예상되며, 리더가 데이터를 송신하는 시간 간격은 약 2ms대를 넘기 때문에 14 μ s 이후에 데이터를 재 전송하면 충돌의 상황은 충분히 방지 할 수 있다. 따라서 리더는 최소 2회에 한해서 재 전송한다. 재 전송하는 이유는 최초에 리더의 인식영역으로 동일한 조건으로 진입했을 때 진입이후 이동하는 속도가 변화될 가능성이 있으므로 재요청으로 데이터를 수신할 수 있다. 이러한 경우 리더의 인식영역이 좀더 넓어진다면 좀 더 유리한 조건으로 극복될 수 있을 것이다. 이렇게 충돌이 발생할 경우는 실생활에서 발생할 경우가 매우 드물 것이다. 그래서 다수의 트랜스폰더가 리더의 인식영역으로 진입했을 경우 도플러 효과에 의해 명령코드가 트랜스폰더로 도착하는 시간의 차이가 발생하게 되고 만약, 리더의 영역에 다수의 트랜스폰더가 존재 하더라도 명령코드를 모두 받은 트랜스폰더만 응답하기 때문에 데이터 충돌을 미연에 방지 할 수 있게 하였다. 그림 5는 리더의 인식 영역에 다수의 트랜스폰더가 진입할 때 충돌 방지를 나타내었다.

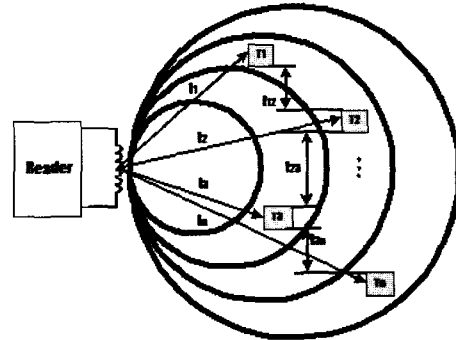


그림 5 트랜스폰더 충돌방지 표현

리더의 인식 영역에 n개의 트랜스폰더가 진입 했을 때 트랜스폰더가 수신하는 명령코드를 모두 수신하는 데는 각각의 트랜스폰더 마다 시간적 차이가 발생할 것이다. 그림 5에서 트랜스폰더 T1과 T2 사이에 송신한 데이터 비트 모두가 도착하는 시간의 차이는 $t_2 - t_1$ 만큼 발생한다. T1과 T2사이의 데이터 도착 시간 차이를 t_{12} 라고 하면 T1과 T2 사이에는 트랜스폰더로 모든 명령 코드가 도착하는데 걸리는 시간 t_{12} 가 발생하게 된다. T1과 T2사이의 도착 시간이 틀리다는 것은 리더의 명령코드 전체를 T1이 받았을 때 T2가 전부 받지 못할 수도 있다는 말이 된다. 어떤 트랜스폰더라도 리더의 명령코드를 100% 받지 못한 다면 리더가 보내는 데이터의 형식을 갖출 수 없기 때문에 트랜스폰더에서는 오류 데이터로 인식하여 재 전송을 기다리게 된다. 결국 트랜스폰더는 명령 코드를 오류로 인식하여 자신의 데이터를 송신을 하지 않게 된다. 따라서 T1과 T2사이에서 1비트의 데이터라도 차이가 있다면, 둘 중 먼저 데이터를 받은 트랜스폰더에서 자신의 데이터를 송신하게 되고 T2는 대기 상태로 기다리게 된다. 이 방법은 반 이중방식의 데이터 전송 특성상 트랜스폰더에서 리더로 데이터를 송신할 때 리더는 어떠한 데이터도 송신하지 않기 때문에 T1의 데이터는 성공적으로 전송될 수 있다. 이때 T1과 T2사이에서 데이터 도달 시간인 t_{12} 는 최소한 14 μ s 이상 이어야 한다. 왜냐하면 1비트의 데이터 전송속도가 14 μ s 이기 때문에 시간 내에 리더의 명령코드를 수신 받지 않는다면 트랜스폰더들 간에 데이터 충돌을 방지 할 수 있으며, T2는 현재 자신의 상황에서 에너지만 충전할 뿐 아무런 작용도 하지 않게 된다. 여기서 데이터 충돌을 방지하기 위해서 " $t_{n+1} - t_n > 1$ 비트 데이터 전송 시간 "을 만족해야 한다. t는 트랜스폰더의 모든 데이터

의 송신 시간이며, n 은 접근하는 트랜스폰더의 순번이라고 할 때 리더로 데이터를 송신하고 있는 트랜스폰더 t_n 으로부터 가장 근접한 트랜스폰더 t_{n+1} 의 시간 차이가 적어도 $14\mu s$ 이상은 차이가 나야만이 데이터 충돌을 방지 할 수 있는 조건이다. 이러한 조건을 고려하여 명령 코드 충돌 알고리즘 그림 6에 플로우 차트로 나타내었다.

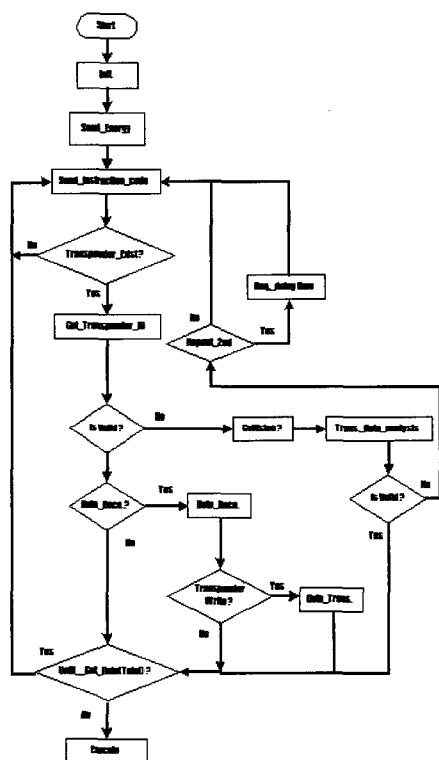
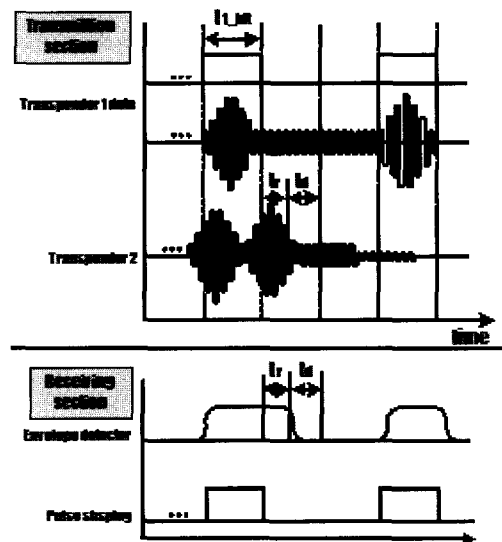


그림 6 명령 코드 충돌 알고리즘의 플로우 차트

리더에서 트랜스폰더로 데이터를 송신 할 때 시스템을 초기화 한 후 반 이중 방식에 의해 에너지 신호와 데이터를 송신하게 된다. 이 데이터의 내용은 트랜스폰더 자신의 데이터를 리더로 모두 전송하고 난 후 100ms동안 데이터를 송신하지 말 것이며, 데이터 재 전송을 요구할 때 만 데이터를 전송하라는 내용을 함께 전송하고, 요구사항이 없다면 트랜스폰더는 인식 영역을 빠져 나가게 된다. 계속해서 리더의 인식 영역에 트랜스폰더의 존재 여부를 판단하여, 트랜스폰더가 없다면 계속해서 검색하게 되지만, 존재 한다면 데이터를 송신 하게 된다. 그리고 송신된 데이터가 정확한 데이터 인지 아닌지를 확인한다. 만약, 정확하지 않은 데이터라면 다

시 한번 데이터 전송을 요구하게 된다. 그 이유는 먼저 데이터 충돌로 인한 오류인가를 확인할 필요가 있기 때문이다. 만약 데이터 충돌로 인한 오류라면 먼저 전송된 데이터와 나중 전송된 데이터의 도착 시간의 차이를 분석하여 안전하게 데이터를 추출한다. 그림 7에 차이를 나타내었다.



$$t = 14\mu s$$

$$t_r = t_s - t_d$$

그림 7 신호파형

그림 7은 t 시간 내에 또 다른 데이터를 수신하기 때문에 거리와 시간을 계산하여 트랜스폰더 1의 데이터만 수신 할 수 있게 하였다. 그 다음으로 데이터 충돌로 인한 오류가 아니라면 재 전송을 요구한다. 왜냐하면 리더의 인식 영역에 트랜스폰더가 존재하는지 또는 $14\mu s$ 의 시간 차이를 극복했는지를 판단하기 위함이다. 이때 재전송 요구의 횟수는 2회로 제한 한다. 2회를 요청 하는 이유는 이동체의 이동 속도가 다를 경우에 리더의 데이터를 송신 못하면 최소 2.8ms 후 에 데이터를 재 수신 하여 리더로 재송신 할 수도 있기 때문이다. 이러한 조건을 만족하여 트랜스폰더가 이동하는 가변속도, 리더의 인식영역으로 통과하는데 소요되는 시간을 고려하여 인식 영역을 통과하는 시간 500ms동안 충돌이 발생하지 않을 트랜스폰더의 수량을 계산하였다.

$$b = \frac{M}{a} \tag{3}$$

M = 인식영역을 통과하는 시간

a = 이동속도

b = 인식수량

$$k = M_{\text{totaltime}} - 14\mu\text{s} \times b_{\text{MAX}} \quad (4)$$

k 는 $14\mu\text{s}$ 의 시간 차이를 가지고 인식 영역을 통과하는 시간에 트랜스폰더를 읽을 수 있는 수량이다.

$$b_{\text{stable}} = \frac{k}{a} \quad (5)$$

b_{stable} 은 주어진 시간내에 트랜스폰더 간에 충돌 없이 데이터를 송수신 할 수 있는 트랜스폰더의 수량을 나타내었다.

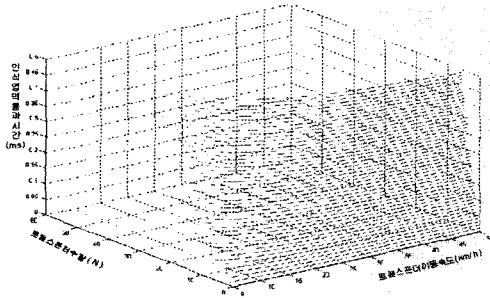


그림 8. 트랜스폰더의 이동속도와 인식영역을 통과하는 시간에 대한 트랜스폰더의 수량

그림 8은 주어진 시간에 안전하게 트랜스폰더를 읽을 수 있는 트랜스폰더의 수량을 나타내었다. 그 결과 개수 $\propto \frac{1}{\text{속도}}$, 개수 \propto 인식시간의 관계로 트랜스폰더를 안전하게 읽을 수 있는 수량은 트랜스폰더의 이동속도에 반비례하고, 인식 영역을 통과하는 인식 시간에 대해서는 비례하는 관계를 알 수 있었다.

V. 실험 결과 및 고찰

무선인식 시스템에서 리더와 트랜스폰더간에 데이터 통신을 할 때 데이터 충돌을 방지하기 위하여 리더의 명령 코드를 전부 수신하는 시간을 고려하여 데이터 충돌을 방지 하였다. 충돌 방지는 $14\mu\text{s}$ 시간 차이가 있을 경우 가능하다. $14\mu\text{s}$ 의 시간은 1비트의 데이터 전송 시간이기 때문에 트랜스폰더에서 수신한 데이터가 1비트라도 수신하지 못하면 데이터 형식을 갖추지 못하므로 트랜스폰더는 명령을 수행 하지 못한다. 따라서 인식 영역에 트랜스폰

더가 존재하더라도 동시에 데이터를 수신하는 형태가 아니므로 데이터 충돌 방지가 가능한 명령 코드 충돌 알고리즘을 제안하였다. 제안된 명령 코드 충돌 알고리즘을 증명하기 위하여 실험 시스템을 제작 하였다. 제작된 실험 시스템은 메인 컴퓨터와 시리얼통신을 할 수 있으며, 13.56MHz대역에서 직경이 28cm인 루프안테나를 제작하여 수직으로 최대 100mm 까지 인식 할 수 있었다. 제작된 무선인식 시스템에 명령 코드 충돌 알고리즘을 적용한 결과를 그림 9에 나타내었다^[3]. 그림 9는 최소 만큼 차이를 가진 3개의 트랜스폰더가 리더의 $14\mu\text{s}$ 인식영역을 통과할 때 파형을 오실로스코프로 측정하였다. 3개의 트랜스폰더를 거의 동시에 리더의 인식영역으로 여러 차례 접근 하였다. 첫번째 트랜스폰더와 두번째 트랜스폰더는 시간차이가 많이 발생했으나 두 번째 트랜스폰더와 세 번째 트랜스폰더의 경우 2.8ms 간격으로 데이터를 수신하는 것을 알 수 있었으며, 트랜스폰더가 데이터를 전송하는 시간은 2.2ms 라는 것을 실험을 통하여 측정 결과를 구할 수 있었다.

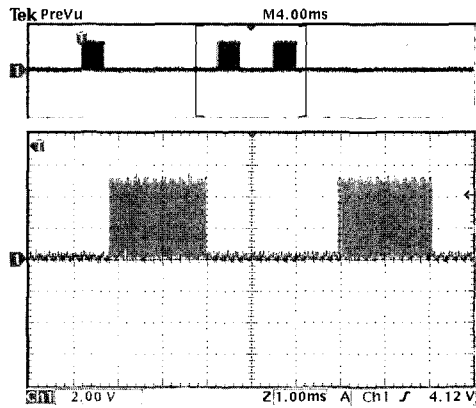


그림 9. 트랜스폰더 3개의 충돌방지 파형

무조건 충돌을 발생 시키는 기존의 방법을 사용한다면 검색할 수 있는 트랜스폰더의 최대 개수의 수량은 현저히 줄어들 것이다. 예를 들어 10km/h의 속도를 가진 이동체가 28cm의 인식 영역을 통과하는 시간이 약 100.8ms가 소요되므로 인식영역에서 안전하게 인식할 수 있는 트랜스폰더의 수량은 16개가 가능하다. 결국 28cm의 인식 영역을 가진 트랜스폰더의 이동속도가 10km/h 일 경우 [충돌 방지가 가능한 경우]에 입각하여 16개의 트랜스폰더만 통과 할 수 있게 기준 값을 정의 한 후 무선인식 시스템을 동작 한다면 데이터 충돌은 발생

하지 않을 것이다. 만약 트랜스폰더가 동시에 데이터를 전송하게 된다면 2회의 요청신호와 지연시간을 고려해야만 할 것이다. 따라서 2회의 요청시간 2.8ms 에 2회에 지연시간을 정의해야 한다. 그러나 본 실험에서는 접근하는 트랜스폰더가 14 μ s 이상의 시간을 정확히 확보할 수 있는 상황은 재현 되지 않았으므로 이론적으로는 충돌이 발생하지 않을 조건에 입각하여 인식할 수 있는 트랜스폰더의 수량을 2회로 재 할당하고, 지연시간은 8회에 한해서 14 μ s 를 손실시간으로 계산한다면 약 7개의 트랜스폰더를 안전하게 읽을 수 있다. 표 1은 기존의 데이터 충돌 방지 방법과 명령 코드 충돌 알고리즘을 적용한 방법을 비교하였다.

표 1. 데이터 충돌 방지 방법의 비교

구 분	주파수 영역 방법	공간 영역 방법	시간 영역 방법	명령 코드 충돌 알고리즘
주파수 대역	13.56MHz 이상	독립적	독립적	독립적
시스템 설계	복잡함	간단함	간단함	간단함
인식 영역	독립적	작을수록 유리	의존적	의존적
채널	다 채널	특정 ID만 검색	단일 채널	단일 채널
인식수량	다량 (주파수영역에 의존적)	소량 (제어기처리 속도에 의존적)	소량 (인식영역에 의존적)	다량
충돌방지	주파수 대역 분할	기존의 ID를 저장하여 특정 ID 만 검색	인위적 충돌 발생	명령 코드 충돌

표 1의 비교와 같이 명령 코드 충돌 알고리즘을 적용한 것과 시간영역에 의한 방법을 비교 한 결과 인식 수량과 충돌 방지 방법에 있어서 명령 코드 충돌 알고리즘을 채택한 방법이 향상되어 있음을 보여 주고 있다.

V . 결 론

본 논문에서는 데이터 충돌 조건과 그렇지 않을 조건을 분석하였으며, 명령 충돌 알고리즘을 제작된 실험 시스템에 적용하여 데이터 충돌이 방지됨을 입증하였다. 기존의 시간 영역에서는 데이터 충돌을 방지하기 위하여 수신 데이터의 오류를 줄이기 위하여 무조건 충돌을 야기 시켰으나, 명령 충돌 알고리즘의 적용으로 데이터 충돌을 발생 시키지 않아도 되기 때문에 손실 시간을 최소화 하고 데이터 충돌을 방지할 수 있었으며 충돌이 발생할 경우라도 데이터 도착 시간을 분석하여 안전한 데이터를

수신 할 수 있었다.

제안된 명령 코드 충돌 알고리즘은 동일한 주파수 대역에서 주파수의 변화 없이 단일 채널 상에서 데이터 충돌을 방지 할 수 있으므로 주파수 영역에 의한 방법보다 설계가 간편하고, 시간 영역에 의한 방법에 비해 시간적 손실이 감소되면서 인식 할 수 있는 트랜스폰더의 수량이 증가하였다. 따라서 명령 코드 충돌 알고리즘을 적용한 무선 인식 시스템은 대규모의 물류관리 등에 사용함으로써 물류비 절감형 인식 시스템으로 전환 발전시킬 수 있으며, 또한 다수의 트랜스폰더가 접근하는 스포츠 기록 장치, 가축관리 등에 사용하여 인식 데이터를 정확히 처리할 수 있을 것이다. 그리고 데이터 충돌을 원천적으로 방지할 수 있는 연구와 에러 정정을 이용한 손실 방지 알고리즘에 대한 연구가 지속적으로 이루어 져야 할 것으로 사료 된다.

참 고 문 헌

- [1] P. Hernandez, J.D. Sandoval, F. Puente, F. Perez, "Mathematical model for a multiread anticollision protocol", *IEEE Pacific Rim Conference Communications Computers and signal Processing, PACRIM*, Vol.2, pp.647-650, 2001.
- [2] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook-Radio Frequency Identification Fundamentals and applications", *John wiley & son, LTD.*, 1999.
- [3] 강민수, 이동선, 이기서, "134.2kHz 대역의 RFID 루프안테나 설계에 관한 연구", *한국철도학회논문집 제4 권 3 호 ISSN 1229-1102*, pp.102-109, 2001.
- [4] 강민수, 신석균, 이준호, 이 동선, 유광균, 박영수, 이기서, "무선인식 시스템 에서 시간절차를 이용한 데이터 충돌 방지에 관한 연구", *한국철도학회논문집 제4 권4 호,ISSN1229-1102*,pp.155-161, 2001.
- [5] P. Hawkes, "Anti-collision and Transponder Selection Methods for Grouped 'Vicinity' Card and RFID Tags", *IEE Colloquium. RFID Technology (Ref. No. 1999/123)*, pp.7/1-7/31, 1999.
- [6] W.Rankl, W.Effing, "Smart card handbook" 2ed, *John wiley&sons*,2001.

강 민 수(Min-Soo Kang) 정회원



1993년: 광운대학교 공대 제어
계측공학과 졸업
1995년: 광운대학교 공대 제어
계측공학과 석사
2003년: 광운대학교 공대 제어
계측공학과 박사
2003년 3월~현재 : 한양대학교
정보통신대학원 겸임교수

<주관심분야> RFID, 제어공학, 통신공학

이 동 선(Dong-Sun Lee) 정회원

1984년: 광운대학교 공대 전기공학과 졸업
1987년: 광운대학교 공대 전기공학과 석사
2000년 3월~현재: 광운대학교 공대 전기공학과
박사과정

<주관심분야> 제어공학, 통신공학, WDM

이 기 서(Key-Seo Lee) 정회원



1977년: 연세대학교 공대 전기
공학과 졸업
1979년: 연세대학교 공대 전기
공학과 석사
1986년: 연세대학교 공대 전기
공학과 박사

1988~1989년 : Yale-Univ. 교환 교수
1981년~현재: 광운대학교 정보 제어 공학과 정교수

<주관심분야> 전기공학, 철도신호, 통신공학